

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-223162

(43)Date of publication of application : 21.08.1998

(51)Int.Cl.

H01J 31/12

H01J 1/30

H01J 43/22

(21)Application number : 09-020636

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 03.02.1997

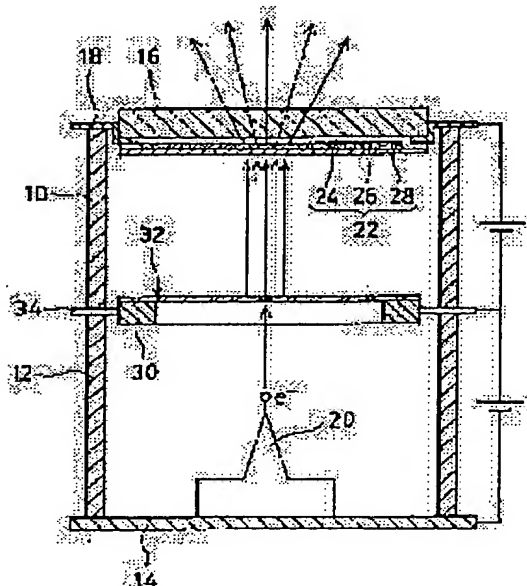
(72)Inventor : ARAGAKI MINORU  
HIROHATA TORU  
SUGA HIROBUMI  
YAMADA MASAMI

## (54) ELECTRON TUBE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a practicable electron tube which can make a field emission type electron-emitting source emit electrons stably and efficiently.

**SOLUTION:** This electron tube is provided with a field emitter 20 which emits electrons by applying voltage, a transmission-type secondary electron surface 32, which emits secondary electrons from a surface different from a surface which the electrons enter by multiplying the number of electrons, and an anode formed with a fluorescent screen 22 which converts the secondary electrons into an optical image by incidence of the secondary electrons. The transmission type secondary electron surface 32 consists of diamond or material whose principal component is diamond, and involves electron affinity of zero or negative. Even in the case of the transmission-type secondary electron surface 32 whose structure is very simple, it is thus possible to generate the secondary electrons for converting them into an optical image, having practical brightness efficiently at the fluorescent screen 22, so as to attain stable operation of the field emitter 20.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-223162

(43) 公開日 平成10年 (1998) 8月21日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 J 31/12

H 0 1 J 31/12

C

1/30

1/30

A

43/22

43/22

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-20636

(22) 出願日

平成9年 (1997) 2月3日

(71) 出願人

000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者

新垣 実

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者

廣畑 徹

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72) 発明者

菅 博文

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74) 代理人

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

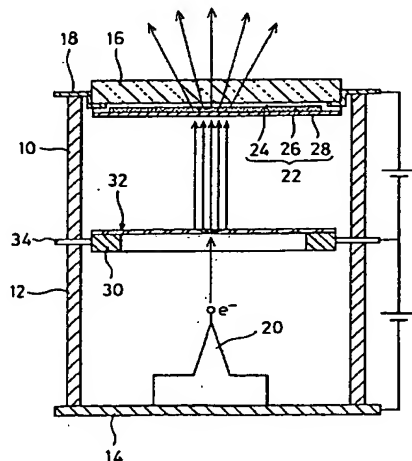
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子管

(57) 【要約】

【課題】 電界放出型電子放出源が安定して効率よく電  
子を放出させるようにした実用化可能な電子管を提供す  
ることを目的とする。

【解決手段】 電圧の印加により電子を放出するフィー  
ルドエミッタ20と、電子を増倍して電子の入射する面  
とは異なる面から2次電子を放出する透過型2次電子面  
32と、2次電子の入射により2次電子を光学像に変換  
する蛍光面22が形成された陽極とを気密容器10の内  
部に備え、透過型2次電子面32がダイヤモンド又はダ  
イヤモンドを主成分としたものからなり、零又は負の電  
子親和力を有することを特徴としている。ここで、構造  
が非常に簡単な透過型2次電子面32でも、蛍光面22  
で実用的な輝度を有する光学像に変換するための2次電  
子を効率よく生成することができ、フィールドエミッタ  
20の安定した動作が実現される。



FP03-0013-

00WO-HR

03.6.10

SEARCH REPORT

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電圧の印加によって電子を放出する電界放出型電子放出源と、

前記電界放出型電子放出源に対して正の電圧が保持され、前記電子を増倍して前記電子の入射する面とは異なる面から2次電子を放出する透過型2次電子面と、  
前記透過型2次電子面に対して正の電圧が保持され、前記2次電子の入射により前記2次電子を光学像に変換する蛍光面が含まれる陽極と、を気密容器の内部に備え、前記透過型2次電子面が多結晶ダイヤモンド又は多結晶ダイヤモンドを主成分としたものからなり、零又は負の電子親和力を有することを特徴とする電子管。

【請求項2】 前記電界放出型電子放出源がダイヤモンド又はダイヤモンドを主成分としたものからなり、零又は負の電子親和力を有することを特徴とする請求項1に記載の電子管。

【請求項3】 前記電界放出型電子放出源が1次元又は2次元状に配列されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の電子管。

【請求項4】 前記電界放出型電子放出源と前記透過型2次電子面とが1次元又は2次元状に配列されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の電子管。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電界放出型電子放出源を用いた電子管に関し、特に、発光表示機能を有する電子管に関する。

## 【0002】

【従来の技術】いわゆるフラットパネルディスプレイのような発光表示機能を有する電子管では、電子ビーム発生源として熱陰極型のものではなく電子放出密度の高い電界放出型のものが用いられる。

【0003】図7は、電界放出型電子放出源たるフィールドエミッタが用いられた電子管の断面図である。ただし、構成及び基本的な動作を説明するために、電気系統と画素を構成する部品の相対的な配置とを概略的に示してある。図示のように、有底略円筒状の気密容器60が絶縁性の側管62の一端に導電性の基台64を取り付け、また、その他端にはガラス面板66を金属製の保持具68を介して取り付けることにより構成されている。基台64の内面には、Si等の半導体或いはMo、W等の高融点金属によって通常形成された針状のフィールドエミッタ70が設けられている。また、フィールドエミッタ70と対向して、導電性透明膜70、蛍光層72及びいわゆるメタルバック電極74がガラス面板66内面に順次形成された蛍光面76が配置されている。このような電子管の構成においては、フィールドエミッタ70は蛍光面76に対して所定の負の高電位とされている。このため、フィールドエミッタ70の針の先端から電子(e<sup>-</sup>)が放出された後、図7に矢印で示されるよう

に、蛍光面76に加速して入射して光が発するようになる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した電子管が発光表示に必要な十分な輝度を得るために、フィールドエミッタ70の放出電流密度を高める必要がある。しかし、その結果として大量のジュール熱が発生するのが一般的であるため、フィールドエミッタ70の表面状態が変化し、電子放出特性が変化するおそれがある。また、蛍光面76に電子が加速されて入射することにより、蛍光面76から陽イオンが放出される。この陽イオンは蛍光面76に対して負の電圧に印加されたフィールドエミッタ70に衝突するいわゆるイオンフィードバックが生じ、電子放出特性が変化するおそれがある。このような電子放出特性の変化は、電子管の動作の安定性という観点では本質的な問題である。

【0005】このような問題を解決するための方法の一つが、特開平8-241682号公報に開示されている。この公報には、フィールドエミッタから放出された電子をマイクロチャンネルプレート(MCP)で増倍して得られた多数の2次電子を、蛍光面に加速して入射させていることが開示されている。この構成によれば、電界放出型電子放出源の電子放出密度が低減されても、MCPにより蛍光面で実用的な輝度を有する光学像に変換するための電子が効率よく得られる。

【0006】しかしながら、MCPを備えた電子管が発光表示の機能を有していても、その大きさはMCPの大きさによって決まる。MCPは直径約10μmのガラス細管を100万本程度束ねた複雑な構造を有し、高価である。また、MCPを例えばフラットパネルディスプレイのような電子管に適用しようとしても、MCPの大きさについても、現在のところその製造上最大10cm×10cmの矩形が限界である。形状の小さいMCPを2次元状に配列させることも可能であるが、MCPの大きさはガラス細管によって決まり、しかも発光に十分な2次電子が生成できないおそれがある。したがって、MCPを用いた電子管は実用上重要性を有しない。

【0007】そこで、本発明は、電界放出型電子放出源が安定して効率よく電子を放出させるようにした実用化可能な電子管を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明に係る電子管は上記目的を達成するためになされたもので、電圧の印加によって電子を放出する電界放出型電子放出源と、電界放出型電子放出源に対して正の電圧が保持され、電子を増倍して電子の入射する面とは異なる面から2次電子を放出する透過型2次電子面と、透過型2次電子面に対して正の電圧が保持され、2次電子の入射により2次電子を光学像に変換する蛍光面が含まれた陽極とを気密容器の内部に備え、透過型2次電子面がダイヤモンド又はダイ

ヤモンドを主成分としたものからなり、零又は負の電子親和力を有することを特徴としている。

【0009】この構成によれば、透過型2次電子面が非常に簡単な構造を有しているにもかかわらず、蛍光面で実用的な輝度を有する光学像に変換するための2次電子を効率よく生成することができる。このため、電界放出型電子放出源に印加される電圧を低くすることができ、さらに、電界放出電流も小さくすることができる。したがって、電界放出型電子放出源の定した動作が実現されるようになる。また、透過型2次電子面は多結晶ダイヤモンド又は多結晶ダイヤモンドを主成分としたものからなるので、大量生産及び生産コストの面で有利である。さらに、透過型2次電子面内の2次電子の広がり最大数 $\mu\text{m}$ しかないので、位置検出機能も備えている。

【0010】また、電界放出型電子放出源がダイヤモンド又はダイヤモンドを主成分としたものからなり、零又は負の電子親和力を有することを特徴としてもよい。

【0011】これにより、ポテンシャル障壁が薄くなってトンネル効果が生じやすくなり、電子放出特性が向上するようになる。

【0012】また、本発明の電子管が1次元又は2次元の表示機能を有するよう、電界放出型電子放出源が1次元又は2次元状に配列されていることを特徴としてもよい。或いは、電界放出型電子放出源と透過型2次電子面とが1次元又は2次元状に配列されていてもよい。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図中、同一又は相当部分には同一符号を付すこととする。

【0014】図1～図3は、本発明に係る電子管の実施形態の構成及び基本的な動作を説明するために、電気系統と画素を構成する部品の相対的な配置とをそれぞれ概略的に示した断面図である。

【0015】図1は、本発明の電子管の第1実施形態の断面図である。図1に示されるように、有底略円筒状の気密容器10は、絶縁性の側管12の一端に導電性の基台14を取り付け、また、その他端にはガラス面板16を金属製の保持具20を介して取り付けることにより構成されている。基台13の内面には針状のフィールドエミッタ20が電界放出型電子源として設けられている。このフィールドエミッタ20は多結晶のダイヤモンドからなる。ダイヤモンドは熱的耐性を備えているだけでなく、表面の状態に応じて零又は負の電子親和力を有しているからである。特に、本実施形態では、ダイヤモンド表面を図示されない水素が終端し、その電子親和力を零又は負にしている。これにより、トンネル効果が生じやすくなる程度にダイヤモンドのポテンシャル障壁が薄くなり、フィールドエミッタ20の電子放出特性が向上するようになる。

【0016】ただし、このようなフィールドエミッタ

は、水素により終端された多結晶ダイヤモンドからなるものに限定されない。例えば、炭素系材料を主たる材料としたもの、すなわち、 $\text{sp}^3$ 混成軌道及び $\text{sp}^2$ 混成軌道を有するアモルファス状のダイヤモンドライクカーボンや炭素原子の1次元の鎖の構造をもったグラッシーカーボン等においても、同様効果が得られるのはもちろんである。しかし、ダイヤモンドライクカーボンやグラッシーカーボン等では、一定の品質のものの作成するのが困難である。したがって、安価で品質の安定した多結晶ダイヤモンド等が現状では好適である。

【0017】ガラス面板16の内面には蛍光面22が形成されている。すなわち、ガラス面板16内面にはITO等で形成された導電性透明膜24が形成され、導電性透明膜24の上には絶縁性の高い蛍光層26が堆積され、さらに、蛍光層26上には、A1等からなるいわゆるメタルバック電極28が導電性透明膜24と電気的に接続するように被着されている。

【0018】フィールドエミッタ20と蛍光面22との間には、下周縁部にSiからなる環状の補強枠30が取り付けられた透過型2次電子面32が、側管12の壁体を貫通して設けられたステムピン34によって支持されている。この透過型2次電子面32は、多結晶ダイヤモンドの薄膜からなる。したがって、薄膜表面の状態に応じて電子親和力が零又は負となるため、2次電子生成効率が低い。また、このような透過型2次電子面32内では2次電子の広がり最大数 $\mu\text{m}$ しかないので、MCPよりも優れた位置検出機能も備えられている。

【0019】ここで、多結晶ダイヤモンドとしたのは、大量生産及び生産コストの点で有利なためである。なお、フィールドエミッタ20のダイヤモンドと同様、透過型2次電子面32を構成するダイヤモンド表面が負の電子親和力を有するよう、図示されない水素により終端されている。また、ダイヤモンド薄膜はホウ素(B)がドーパされて、p型導電性を有するのが好適である。実験結果によれば、このようなダイヤモンド薄膜はさらに高い2次電子生成効率を有するからである。

【0020】以上のような構成においては、図1に示されるように、フィールドエミッタ20に対して透過型2次電子面32は所定の正の電位とされている。また、透過型2次電子面32に対して蛍光面22は所定の正の電位とされて、蛍光面22は陽極としても機能している。その結果、フィールドエミッタ20の電子( $e^-$ )が蛍光面22に直接入射することなく、いったん透過型2次電子面32の一面に入射して2次電子増倍された後、その他面から放出されるようになる。このことは、透過型2次電子面32に対するフィールドエミッタ20の負の電位が比較的小さくても、すなわち、フィールドエミッタ20の電子放出密度が低減されても、蛍光面22内で運動エネルギーを失って蛍光面22を発光させるための2次電子が透過型2次電子面によって多数生成されること

を意味する。

【0021】このため、電界放出を利用した電子管にとって本質的な現象がほとんど生じなくなる。例えば、ジュール熱の発生が抑制される。また、いわゆるイオンフィードバックにより、蛍光面22のイオンがフィールドエミッタ20表面に吸着することもほとんどない。このため、ダイヤモンドからなるフィールドエミッタ20の場合は、ダイヤモンド表面を終端していた水素が脱離するといったことはほとんど生じなくなる。また、気密容器10中の水素以外の残留物がフィールドエミッタ20表面に吸着することもほとんどない。その結果として、フィールドエミッタ20表面の仕事関数の変化が無視できるように、フィールドエミッタ20の電子放出特性がほぼ一定に維持されるようになる。

【0022】上述したフィールドエミッタ20は、図示されないが、例えば下記のように作製される。まず、シリコン基板を用意し、この(100)面にマイクロ波CVD法で多結晶ダイヤモンド薄膜を約20 $\mu$ m程度の厚さに形成する。そして、直径10 $\mu$ m程度のスポット状のフォトリソ膜を形成し、これをマスクにして、ECRプラズマで処理すると、尖った形状を有するフィールドエミッタが得られる。

【0023】また、透過型2次電子面32はマイクロ波プラズマ化学気相堆積(以下「マイクロ波プラズマCVD」という。)法により、図4(a)~(e)にしたがって作製される。

【0024】まず、直径が2インチのSi基板36を用意し、マイクロ波プラズマCVD装置の堆積チャンバ内に配置させる。このSi基板36を用いたのは品質が安定しているため、ダイヤモンド薄膜を作製する上で有利であるからである。つぎに、励起ガスとしての水素を堆積チャンバ内に導入するときマイクロ波によってプラズマ状態にする。この状態で、ダイヤモンド薄膜の原料であるメタン( $\text{CH}_4$ )を堆積チャンバ内に導入する。このとき、堆積チャンバ導入口付近で水素イオンにより $\text{CH}_4$ が解離し、Si基板36上に多結晶ダイヤモンド38が約5 $\mu$ mの膜厚を有して堆積するようになる(図4(a)参照)。なお、導電型がp型の多結晶ダイヤモンドを堆積させるために、ドーパントガスとしてジボラン( $\text{B}_2\text{H}_6$ )を $\text{CH}_4$ と共に堆積チャンバ内に導入してもよい。

【0025】つぎに、Si基板36下面にフォトリソスト40を塗布し(図4(b)参照)、フォトリソスト40の中央部分に40mm $\times$ 40mmの矩形状のマスク(図示せず)を配置する。この状態でフォトリソグラフィを行い、その後、マスクにより露光を受けていないフォトリソスト40aを取り除く(図4(c)参照)。

【0026】つぎに、Si基板36をフッ酸+硝酸( $\text{HF}+\text{HNO}_3$ )混合溶液でエッチング除去する(図4(d)参照)。その後、Si基板36周縁下部のフォ

トリソスト40bを取り除くと、40mm $\times$ 40mmの矩形状の透過型2次電子面32が、周縁下部にSi基板36が補強枠30として取り付けられた状態で得られるようになる。

【0027】ただし、透過型2次電子面等の大きさは上記に限定されない。しかし、上記の透過型2次電子面よりも大面積ものを得るためには、透過型2次電子面の剛性がさらに補われる必要がある。したがって、多結晶ダイヤモンド薄膜の周縁部に補強手段としてのSi基板を取り付ける以外に、格子状又は渦巻き状の補強手段を多結晶ダイヤモンド薄膜に取り付けることが必要である。さらに、多結晶ダイヤモンド薄膜の膜厚も上記に限定されない。フィールドエミッタ20と透過型2次電子面32と間の電位を考慮して、できるだけ多くの2次電子が蛍光面22に入射するよう、その膜厚を決定すべきである。また、多結晶ダイヤモンド薄膜の補強手段としてSi基板を述べたが、モリブデン(Mo)や銅(Cu)のような高融点金属からなる基板でもよい。Si基板と同様、良質の多結晶ダイヤモンド薄膜が堆積可能だからである。

【0028】さらに、本実施形態の電子管は、図示されないが以下のように組み立てられる。

【0029】まず、フィールドエミッタ20を基台14上に配置する。また、ガラス面板16内面にITO等からなる導電性透明膜24を形成し、その上に蛍光層26を堆積し、蛍光層26上には、Al等からなるいわゆるメタルバック電極28を導電性透明膜24と電気的に接続するように被着する。なお、ステムピン34が壁体を貫通して設けられた側管12を用意しておく。

【0030】つぎに、上述した透過型2次電子面32を補強枠30を介してステムピン34に取り付ける。その後、フィールドエミッタ20を側管12内に設置するように、基台22を側管12の一端に気密に取り付け、また、蛍光面22が側管12内に設置されるよう、ガラス面板16を側管12の他端に気密に取り付ける。この状態で、気密容器18内を真空排気した後、接着剤により真空封止することにより、上述した電子管が得られる。

【0031】図2は、本発明の電子管の第2実施形態の断面図である。この電子管は、第1実施形態の電子管と異なり、フィールドエミッタ20の周囲にリング状の絶縁体42を介してリング状のゲート電極44が設けられている。また、このゲート電極44は側管12のステムピン46の一端と接続し、また、その他端は側管12の壁体を貫通して外部に延びている。そして、そのステムピン46によりゲート電極44がフィールドエミッタ20に対して正の電位にされている。したがって、第2実施形態の電子管は、フィールドエミッタ20からの電子をゲート電極44によって制御することができる。

【0032】図3は、本発明の電子管の第3実施形態の断面図である。この電子管は、第2実施形態の電子管の

ゲート電極44上に、リング状の絶縁体48を介してリング状の収束電極50が設けられたものである。収束電極50はステムピン52と接続され、ゲート電極に対して負の電位にされている。この電子管では、フィールドエミッタ20からの電子がゲート電極44に制御された後、収束電極50により減速されるので、レンズ効果が生じる。したがって、収束電極50を通過した電子は収束されて、空間分解能が向上するようになる。

【0033】以上に述べた第1実施形態から第3実施形態の電子管は、電気系統と画素を構成する部品の相対的な配置及び基本的な動作を容易に説明するためのものである。したがって、発光表示ができるようになるためには、画素を構成する部品が1次元又は2次元状に配列される必要があるのはいうまでもない。

【0034】図5は、第1実施形態の電子管の各画素が2次元状に配列され、表示素子として機能するいわゆるフラットパネルディスプレイの概略斜視図である。この図では、ピッチ幅が100 $\mu$ mで2次元状に配列されたフィールドエミッタと対向して単一の蛍光面22が配置されている。また、各フィールドエミッタと蛍光面との間には、膜厚が約2 $\mu$ mで直径が10~150 $\mu$ mの透過型2次電子面32が2次元状に配列されている。なお、上述したこれら部品は図示されない気密容器内に收容されているものとする。また、各画素は、スイッチ回路(図示せず)を独立に有するいわゆるスタティック駆動方式で選択駆動されるものとする。ただし、時分割による繰り返し駆動を行うダイナミック駆動方式が用いられてもよい。

【0035】このような表示素子では、任意の画素、例えばアドレスが $X_2$ 、 $Y_2$ である画素のフィールドエミッタ20から電子を放出させ、蛍光面22に発光表示させることができる。そのためには、まず、アドレスが $X_2$ 、 $Y_2$ である画素のスイッチ回路が、図示されない制御装置を介してその画素のフィールドエミッタ20、蛍光面22及び透過型2次電子面32に所定の電位を与え、当該フィールドエミッタ32から電子( $e^-$ )を放出させる。電子は透過型2次電子面32で2次電子増倍され、2次電子群となって透過型2次電子面32から放出される。そして、2次電子群は蛍光面22上の特定の位置に衝突して、光が発するようになる。

【0036】ただし、フラットパネルディスプレイは図5のものに限定されない。図6は、第2実施形態の電子管のゲート電極44を有する各画素が2次元状に配列されたフラットパネルディスプレイの概略斜視図である。こ

こでは、図5の電子管と異なり、単一の透過型2次電子面32を有しているため、構成が単純となって組み立て等が容易となる。

【0037】なお、フラットパネルディスプレイはこれらに限定されず、第3実施形態の電子管のような収束電極を各画素に備えてもよい。また、フラットパネルディスプレイだけでなく、1次元状のライン表示機能を有したのものにも適用でき、画素の数も限定されないことは言うまでもない。さらに、蛍光面をR、G、Bの各色の光を発するものとすれば、カラー表示体とすることもできる。

#### 【0038】

【発明の効果】本発明の電子管は、構造が非常に簡単な透過型2次電子面により、蛍光面で実用的な輝度を有する光学像に変換するための2次電子を効率よく生成することができる。したがって、電界放出型電子放出源は低い電子放出密度でもって状態変化することなく安定した動作することができるので、電子管の長寿命化が図れる。

【0039】また、このような透過型2次電子面では大面積化が容易である。したがって、本発明の電子管は例えばフラットパネルディスプレイとして発光表示を大面積でもって行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電子管の第1実施形態を概略的に示した断面図である。

【図2】本発明の電子管の第2実施形態を概略的に示した断面図である。

【図3】本発明の電子管の第3実施形態を概略的に示した断面図である。

【図4】図1~図3の透過型2次電子面を製造する工程の一部を示す断面図である。

【図5】第1実施形態の電子管が2次元状に配置されたフラットパネルディスプレイを概略的に示した斜視図である。

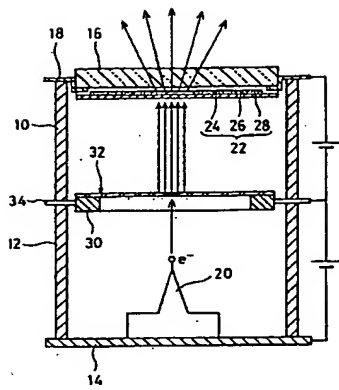
【図6】第2実施形態の電子管が2次元状に配置されたフラットパネルディスプレイを概略的に示した斜視図である。

【図7】従来の電子管を概略的に示した断面図である。

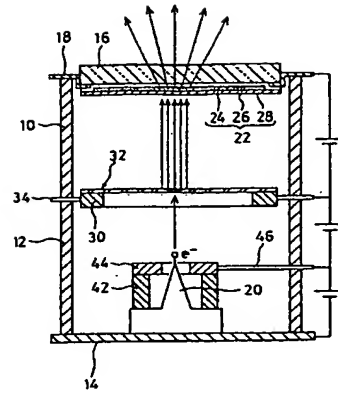
#### 【符号の説明】

10…気密容器、20…フィールドエミッタ、22…蛍光面、30…補強枠、32…透過型2次電子面、44…ゲート電極、50…収束電極。

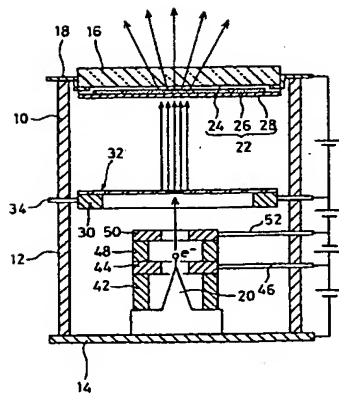
【図1】



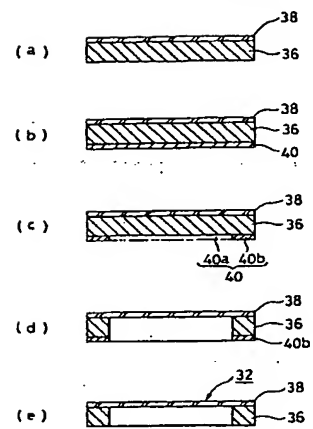
【図2】



【図3】

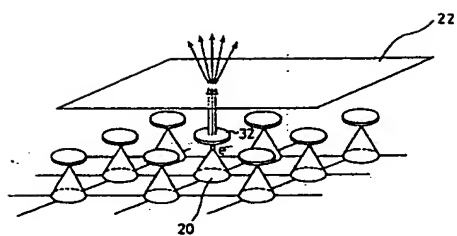


【図4】

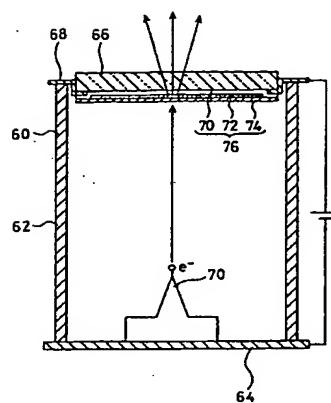




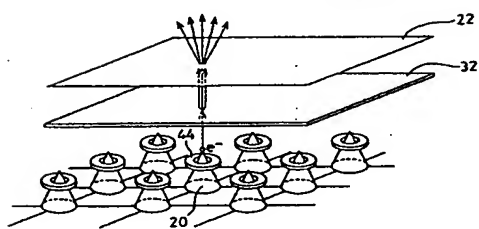
【図5】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 山田 正美  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内